

## Aspek Penerapan Manajemen Risiko Untuk Industri 4.0

Defi Seftiana<sup>1</sup>, Sabrina Yolanda Br Nainggolan<sup>2</sup>, Shakira Alaya<sup>3</sup>,  
Putri Kemala Dewi Lubis<sup>4</sup>, Rossy Pratiwi Sihombing<sup>5</sup>

Fakultas Ekonomi, Universitas Negeri Medan

Korespondensi penulis : [defiseftiana4@gmail.com](mailto:defiseftiana4@gmail.com)

***Abstract.** Industry 4.0 is a relatively new method of managing production processes. In the field of risk management, as a result of new approaches, modified frameworks, more complex IT infrastructure, and so on, new types of risks may appear. In many cases, the application of Industry 4.0 has shown that the relationship between people, systems, and objects has become a more complex, dynamic, and real-time optimized network. On the other hand, there is the fact that the increase in the volume and availability of data in real time has led to new requirements on infrastructure, management, technology and so on. The purpose of this paper is to conduct research on Industry 4.0 related to the main aspects and present a draft framework for implementing risk management in the Industry 4.0 concept.*

***Keywords:** Industry 4.0; risk management; implementation*

**Abstrak.** Industri 4.0 adalah metode yang relatif baru dalam mengelola proses produksi. Di bidang manajemen risiko, sebagai akibat dari pendekatan baru, kerangka kerja yang dimodifikasi, infrastruktur TI yang lebih kompleks, dan sebagainya, jenis risiko baru mungkin muncul. Dalam banyak kasus, penerapan Industri 4.0 telah menunjukkan bahwa hubungan antara manusia, sistem, dan objek telah menjadi jaringan yang lebih kompleks, dinamis, dan dioptimalkan secara real-time. Di sisi lain, terdapat fakta peningkatan volume dan ketersediaan data secara real time yang menyebabkan kebutuhan baru pada infrastruktur, manajemen, teknologi dan sebagainya. Tujuan dari tulisan ini adalah untuk melakukan penelitian mengenai Industri 4.0 terkait aspek-aspek utama dan memaparkan rancangan kerangka penerapan manajemen risiko pada konsep Industri 4.0.

**Kata kunci:** Industri 4.0; manajemen risiko; penerapan

### LATAR BELAKANG

Industri 4.0 berhubungan dengan koneksi seluruh bagian mesin melalui rantai data dan operasi terintegrasi. Diusulkan di Jerman dengan konsep Internet + Manufaktur. Revolusi industri terakhir didasarkan pada penggunaan elektronik dan perkembangan teknologi informasi (TI) di bidang manufaktur. Revolusi industri keempat yang kita hadapi saat ini ditandai dengan menghubungkan sub-komponen produksi proses melalui Internet of Things (IoT). Industri 4.0 disebutkan pertama kali pada tahun 2011 di Hanover Fair dan dapat didefinisikan sebagai istilah kolektif untuk teknologi dan konsep organisasi rantai nilai yang menciptakan Sistem Cyber-Fisik (CPS), Internet of Things, dan Internet of Things. Layanan, Internet Manusia (IoP), dan Internet Energi [1,2]. Lebih dari 2000 perusahaan yang disurvei [3] berharap dapat meningkatkan tingkat digitalisasi mereka secara keseluruhan. Diharapkan pada akhir proses transformasi ini, perusahaan-perusahaan industri yang sukses akan menjadi perusahaan yang benar-benar digital, dengan produk fisik sebagai intinya, ditambah dengan antarmuka digital dan layanan inovatif berbasis data.

Perusahaan digital ini akan bekerja sama dengan pelanggan dan pemasok di ekosistem digital industri. Dengan perubahan yang tidak dapat dihindari yang mengiringi transformasi era industri, besar kemungkinan terjadinya risiko-risiko baru dan berdampak negatif pada banyak aspek di seluruh perusahaan. Ada juga anggapan bahwa terdapat kebutuhan untuk mengembangkan dan menguji pendekatan baru dalam manajemen risiko. Tulisan ini membahas aspek penerapan manajemen risiko untuk Industri 4.0. Integrasi TI dan infrastruktur utama untuk digitalisasi manufaktur menciptakan potensi bahaya baru. Yakni, risiko dari dunia TI yang dapat mempengaruhi proses manufaktur industri dan kita mungkin menemukan potensi risiko industri manufaktur baru (serangan dunia maya, malware, spyware, hilangnya integritas data, atau masalah ketersediaan informasi). Data produksi dan pemeliharaan dari dokumentasi dan spesifikasi teknis dapat menjadi sasaran para peretas dan pembajak perangkat lunak. Terdapat jenis kriminalitas perangkat lunak baru dalam perekonomian global, dan perusahaan mungkin mempunyai masalah dengan ketersediaan dan keandalan data. Tulisan ini membahas bagaimana menggunakan sistem manajemen risiko untuk meminimalkan potensi ancaman dan situasi yang tidak terduga. Dalam konteks ini, muncul pertanyaan penelitian (RQ) sebagai berikut: (RQ) Bagaimana kita dapat menerapkan sistem manajemen risiko sesuai kebutuhan penerapan Industri 4.0?

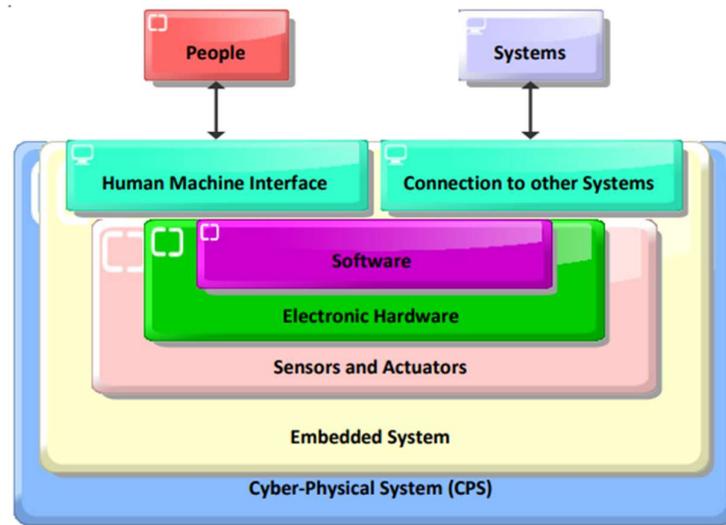
## **TINJAUAN PUSTAKA**

Semakin banyaknya makalah mengenai topik ini menjadi bukti mulai menjadi bahan penelitian di banyak lembaga penelitian. Negara-negara dan pemerintahnya telah mengadopsi strategi yang mendukung penerapan konsep Industri 4.0. Misalnya, pemerintah Ceko menyetujui dokumen 'Inisiatif Industri 4.0' dan mengalokasikan dukungan untuk proyek penelitian yang relevan. Di sisi lain, persoalan praktisnya adalah bagaimana menerapkan konsep Industri 4.0. Istilah ini sering digunakan dalam makalah konferensi internasional dan artikel jurnal. Tujuan dari tinjauan literatur ini adalah untuk menyajikan konteks yang menyatukan Industri 4.0 dan manajemen risiko berdasarkan pertanyaan penelitian yang dirumuskan. Sumber internasional - Scopus, Web of Science, dan ScienceDirect - telah digunakan untuk mencari literatur terkait. Literatur yang relevan telah dianalisis dan digunakan untuk menemukan solusi atas pertanyaan penelitian. Kami fokus pada kata kunci: Industri 4.0, Manajemen Risiko, Manajemen Risiko dan Kinerja.

## **A. Istilah Industri 4.0**

Konsep Industri 4.0, yang sering disebut sebagai revolusi industri keempat, bergantung pada CPS (CyberPhysical Systems) sebagai teknologi utamanya dan berfokus pada pembentukan komponen manufaktur cerdas, objek pintar, dan proses produksi baru. Di bidang manufaktur di masa depan, pabrik harus mengatasi kebutuhan akan pengembangan produk yang cepat, produksi yang fleksibel, dan lingkungan yang kompleks. Dalam konteks industri pabrik yang saling berhubungan, sistem ini juga disebut sebagai CPPS (Cyber-Physical Production Systems). Interkoneksi ICT (Information and Communication Technologies) yang luas ini sejalan dengan visi IoT (Internet of Things) dan layanan. Hal ini mendukung integrasi yang erat di sepanjang struktur yang sudah ada untuk penciptaan nilai. Metode baru dalam pengendalian proses produksi menjadi ciri utama Industri 4.0 [4], [5]. Integrasi dalam Industri 4.0 dapat dibagi menjadi vertikal dan horizontal. Integrasi vertikal menunjukkan peningkatan pertukaran informasi dan kolaborasi antar tingkat hierarki yang berbeda (manajemen, perencanaan perusahaan, penjadwalan produksi) dalam suatu perusahaan. Integrasi horizontal menggambarkan kolaborasi erat antara beberapa perusahaan dalam jaringan penciptaan nilai yang sama [6].

Syarat agar kedua bentuk integrasi dapat berfungsi adalah tersedianya jaringan sensor yang efisien dan terjangkau secara luas (misalnya, identifikasi frekuensi radio, RFID). Berdasarkan hal tersebut, terciptalah objek dan perangkat yang cerdas atau cerdas yang memungkinkan terjadinya komunikasi real-time antara mesin, sumber daya kerja, dan sistem aplikasi. Secara keseluruhan, perkembangan teknologi ini memberikan dasar untuk menerapkan proses manufaktur dan model bisnis baru di pabrik yang disebut pabrik pintar [4],[7]. Karena mereka dapat memperoleh dan memproses data, mereka dapat mengendalikan tugas-tugas tertentu dan berinteraksi dengan manusia melalui antarmuka (lihat Gambar 1). Gambar 1 menggambarkan Sistem Cyber-Fisik dan tingkatan penting di dalamnya. Sistem Cyber-Fisik (CPS) adalah integrasi komputasi, jaringan, dan elemen fisik.



Gambar 1. Interaksi manusia dan mesin melalui proses CPS

Komputer dan jaringan yang tertanam memantau dan mengontrol proses fisik, dengan putaran umpan balik di mana proses fisik memengaruhi komputasi dan sebaliknya. CPS mengintegrasikan dinamika proses fisik dengan perangkat lunak dan jaringan, menyediakan abstraksi dan pemodelan, desain, dan teknik analisis untuk keseluruhan yang terintegrasi. Industri 4.0 juga secara signifikan mempengaruhi lingkungan produksi dengan perubahan radikal dalam pelaksanaan operasi. Berbeda dengan perencanaan produksi berbasis perkiraan konvensional, hal ini memungkinkan perencanaan rencana produksi secara real-time, bersama dengan optimasi mandiri yang dinamis. Industri 4.0 juga memastikan terciptanya kerja sama yang lebih baik antara karyawan dan mitra bisnis. Di Jerman, industri sedang mengevaluasi kesiapan mereka untuk menerapkan Industri 4.0. Setidaknya 41% perusahaan Jerman mengetahui tema ini dan telah memulai beberapa inisiatif konkrit [8].

## B. Manajemen risiko

Dalam perekonomian pasca krisis saat ini, manajemen risiko yang efektif merupakan komponen penting dari setiap strategi manajemen yang unggul. Manajemen risiko adalah salah satu dari sembilan bidang pengetahuan yang disebarkan oleh Project Management Institute (PMI) dan mungkin merupakan aspek tersulit dalam manajemen proyek. Lebih lanjut, manajemen risiko dalam konteks manajemen proyek adalah cara yang komprehensif dan sistematis dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan merespons risiko untuk mencapai tujuan proyek [9]. Manajemen risiko adalah suatu proses sistematis yang membantu organisasi untuk memahami apa risikonya, siapa yang berisiko, apa pengendalian yang ada saat ini terhadap risiko-risiko tersebut dan penilaian yang perlu dibuat tentang apakah pengendalian tersebut

memadai atau tidak. Jika hal tersebut tidak memadai, maka diperlukan tindakan untuk mengelola tingkat risiko hingga ke tingkat yang dapat diterima dan wajar. Saat ini, penerapan manajemen risiko atau sistem keselamatan yang tepat dalam organisasi, terutama organisasi besar, telah menjadi persyaratan hukum melebihi kewajiban moral untuk melindungi karyawannya [10]. Beberapa tahun terakhir telah terlihat munculnya Enterprise Risk Management (ERM), yang sering dilambangkan sebagai tren bisnis baru yang dibangun berdasarkan prinsip-prinsip manajemen risiko tradisional. Ini adalah pendekatan yang lebih terstruktur dan disiplin yang menyelaraskan strategi, proses, manusia, teknologi dan pengetahuan, dengan tujuan mengevaluasi dan mengelola ketidakpastian yang dihadapi perusahaan saat menciptakan nilai [11]. ISO 31000 mewakili serangkaian standar yang berupaya memberikan pedoman terpadu dan umum melalui pendekatan manajemen risiko yang independen dalam industri [4].

### **C. Manajemen risiko dan Kinerja**

Prinsip dasar manajemen adalah pengukuran kinerja. Hal ini sangat penting karena pengukuran kinerja mengidentifikasi kesenjangan kinerja yang ada antara kinerja saat ini dan kinerja yang diinginkan dan memberikan indikasi kemajuan dalam upaya menutup kesenjangan tersebut. Indikator Kinerja Utama (KPI) yang dipilih dengan cermat mengidentifikasi secara tepat di mana harus mengambil tindakan untuk meningkatkan kinerja [12]. Indikator yang sangat penting selanjutnya adalah Key Risk Indicator (KRI). Banyak peneliti telah membahas KRI dan cara KRI membantu mendeteksi dan mengurangi risiko di tingkat perusahaan (misalnya [13], [14]). Dengan indikator-indikator ini, suatu risiko tertentu dapat dipantau, dan indikator-indikator tersebut memberikan arahan dan informasi ke depan mengenai risiko yang mungkin ada atau tidak, serta sistem peringatan untuk tindakan di masa depan. Terdapat gap dalam persoalan menghubungkan KRI dan KPI di semua bidang penelitian. Tidak ada kerangka sistematis mengenai cara menghubungkan kedua indikator ini secara efektif dan menggunakannya secara bersamaan. Idenya adalah bahwa dalam kerja sama mereka harus dapat memberikan data yang berguna untuk meningkatkan kinerja perusahaan (berdasarkan metodologi yang digunakan dalam masalah kinerja) dan manajemen risiko secara keseluruhan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **A. Identifikasi Risiko**

Tujuan dari identifikasi risiko adalah untuk menghasilkan daftar risiko yang komprehensif berdasarkan peristiwa yang mungkin menciptakan, meningkatkan, mencegah,

menurunkan, mempercepat atau menunda pencapaian tujuan. Penting untuk mengidentifikasi risiko yang terkait dengan tidak mengejar peluang. Identifikasi yang komprehensif sangat penting karena risiko yang tidak teridentifikasi pada tahap ini tidak akan dimasukkan dalam analisis risiko lebih lanjut. Di area manufaktur, dimungkinkan untuk mengidentifikasi risiko operasional yang terkait dengan:

- Manajemen proses manufaktur,
- Pemeliharaan,
- Metode pengoperasian dan alat yang digunakan,
- Bahan,
- Sumber daya manusia,
- Mesin dan teknologi manufaktur,
- Lingkungan mesin.

Konsep Industri 4.0 menghasilkan kategori risiko baru di bidang ini karena meningkatnya kerentanan dan ancaman. Koneksi dunia maya, manufaktur teknologi dan elemen yang canggih, dan penggunaan layanan outsourcing merupakan faktor utama yang meningkatkan kerentanan. Identifikasi jenis risiko baru disajikan pada Tabel 1. Identifikasi ini memberikan gambaran kerangka penerapan manajemen risiko. Hasil identifikasi kami menunjukkan bahwa sebagian besar faktor risiko umum di bidang manufaktur berkaitan dengan keamanan informasi. Teknologi manufaktur yang digunakan - mesin, robot, dll. - saat ini merupakan bagian dari Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK). Pertanyaan pentingnya adalah bagaimana melindungi sistem manufaktur dari serangan dunia maya, hilangnya integritas data, atau masalah ketersediaan informasi. Penerapan sistem manajemen keamanan informasi dapat menjawab pertanyaan ini

Tabel 1. Identifikasi risiko baru

Kategori risiko operasional	Mempertaruhkan
Manajemen proses manufaktur	Risiko informasi terkait dengan kehilangan data, hilangnya integritas, dan informasi yang tersedia.
Pemeliharaan	Masalah dengan ketersediaan dan integritas data untuk pemeliharaan
Metode operasi dan alat yang digunakan	Kesalahan pemrosesan data.
Mesin dan teknologi manufaktur	Sensitivitas dan kerentanan data—masalah yang terkait dengan serangan siber
Sumber manusia	Rendahnya jumlah pekerja yang berkualitas
Lingkungan mesin	Serangan dari jaringan Internet, masalah terkait kompatibilitas elektromagnetik dan emisi elektromagnetik yang mempengaruhi mesin manufaktur.

Di sektor TIIlah sistem manajemen keamanan informasi (ISMS) digunakan. Keamanan informasi terutama berkaitan dengan kerahasiaan, yang berarti bahwa informasi hanya dapat diakses oleh mereka yang berwenang untuk memiliki akses. Tapi itu hanya bagian dari keamanan informasi. Integritas dan ketersediaan juga merupakan bidang penting dalam keamanan informasi. Integritas berarti menjaga keakuratan dan kelengkapan informasi dan metode pemrosesan. Ketersediaan memastikan bahwa pengguna yang berwenang memiliki akses terhadap informasi dan aset terkait bila diperlukan. Penerapan standar ini dapat menjadi solusi bagi perusahaan manufaktur yang mengadopsi konsep Industri 4.0. Kesamaan dengan standar ISO lainnya (ISO 9001, misalnya) penting untuk membangun sistem manajemen terpadu bersertifikat berdasarkan pengelolaan persyaratan kualitas, informasi dan lingkungan. Di sisi lain, ISMS standar dapat diintegrasikan secara efektif ke dalam ERM.

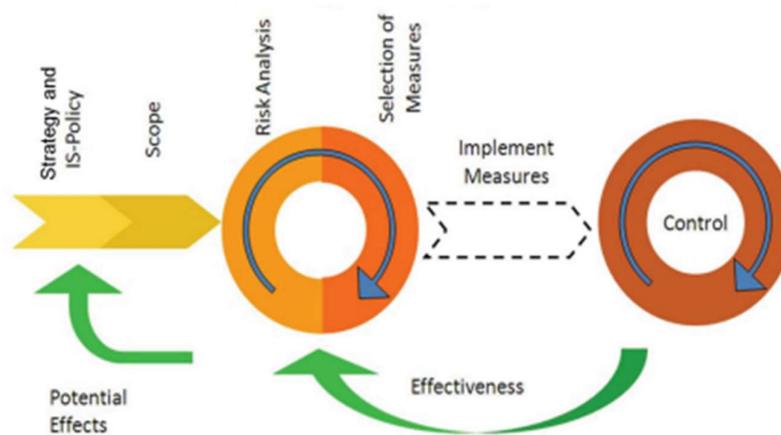
## B. Desain Kerangka

Desain kerangka kerja yang sesuai adalah langkah selanjutnya. Ide desain ini adalah untuk menggabungkan dan mengimplementasikan persyaratan utama untuk ERM dan ISMS. Ide ini mengarah pada penerapan konsep Industri 4.0 yang aman di perusahaan manufaktur. Solusi yang diusulkan membantu meminimalkan risiko perusahaan terkait dengan strategi perusahaan dan penerapan sistem keamanan informasi bersertifikat.

Rencana	Organisasi visi dan tujuan	Menetapkan kebijakan (termasuk kebijakan SMKI), tujuan, proses dan prosedur yang relevan untuk mengelola risiko dan meningkatkan keamanan informasi untuk memberikan hasil sesuai dengan kebijakan dan tujuan organisasi secara keseluruhan.
Melakukan	Proses	Menerapkan dan mengoperasikan kebijakan, kontrol, proses dan prosedur.
Memeriksa	Pertunjukan	Menilai dan, jika berlaku, mengukur kinerja proses terhadap kebijakan SMKI, tujuan dan pengalaman praktis dan melaporkan hasilnya kepada manajemen untuk ditinjau.
Bertindak	Peningkatan	Mengambil tindakan perbaikan dan pencegahan, berdasarkan hasil audit internal dan tinjauan manajemen atau informasi relevan lainnya, untuk mencapai perbaikan sistem secara berkelanjutan.

Kerangka implementasi terpadu digambarkan berdasarkan siklus Deming PDCA (Plan-Do-Check-Act). Kerangka kerja ini memungkinkan persyaratan SMKI dan sistem manajemen mutu dapat dicapai. Tabel 2 menyajikan kegiatan penerapan sistem manajemen terpadu untuk setiap fase PDCA. Sistem yang terintegrasi harus didokumentasikan secara sistematis, dikomunikasikan, diterapkan dan terus ditingkatkan. Prinsip-prinsip dasar dan proses disajikan pada Gambar 2. Makalah [15] menekankan fakta bahwa kebijakan keamanan harus diperluas

dengan aspek manajemen risiko ke kebijakan perusahaan yang terintegrasi. Dengan demikian, persyaratan seluruh pemangku kepentingan, serta persyaratan hukum dan peraturan, dipertimbangkan, dan tujuan serta strategi risiko perusahaan yang tepat ditetapkan. Inti dari sistem manajemen terintegrasi yang diterapkan harus didasarkan pada penerapan manajemen proses bisnis yang fungsional dan efektif. Artinya analisis, deskripsi, dan optimalisasi adalah kunci dukungan dan pengelolaan proses. Analisis risiko adalah langkah paling penting untuk implementasi kerangka kerja yang diusulkan. Keluaran dari bagian tersebut adalah katalog risiko yang harus dibagi menjadi beberapa bagian sesuai dengan risiko yang ada (yaitu risiko teknis, risiko proses, risiko perencanaan).



Gambar 2. Prinsip dan proses implementasi kerangka yang dirancang [15]

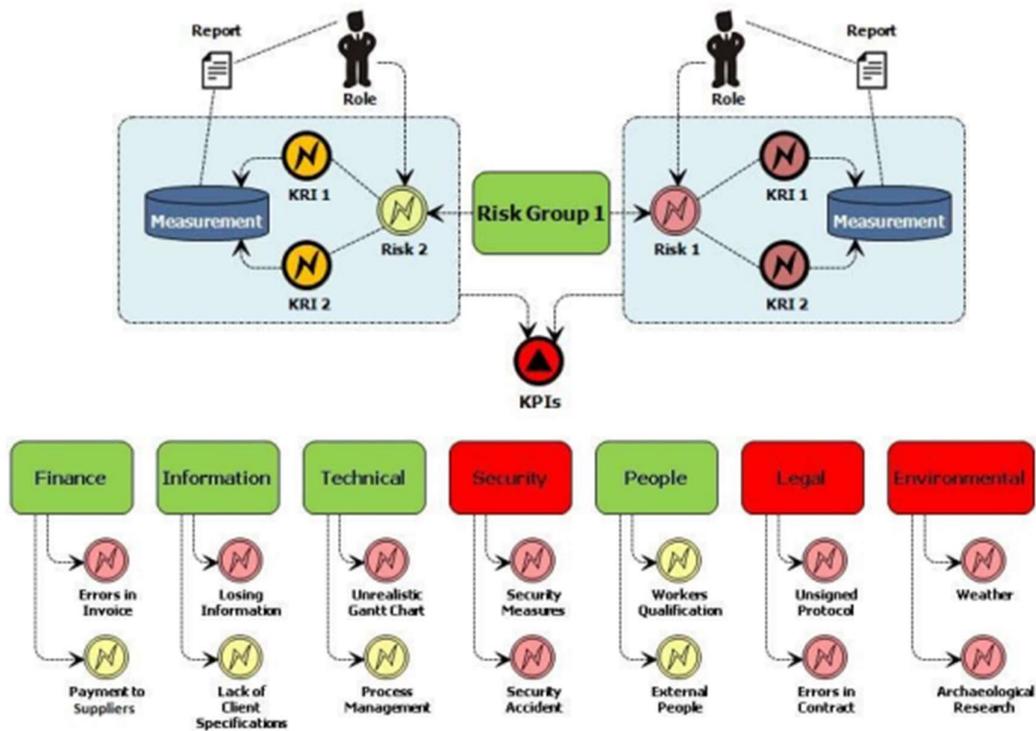
### C. Integrasi Kinerja Dan Manajemen Risiko

Pembentukan manajemen proses bisnis dapat membantu mengidentifikasi risiko dan mengadopsi langkah-langkah dari perlakuan risiko dan rencana kelangsungan bisnis. Dengan demikian, penanganan risiko yang teridentifikasi dan rencana kesinambungan bisnis diintegrasikan ke dalam proses produksi. Langkah-langkah tersebut diterapkan, dipelihara, diuji dan diperbarui secara berkala untuk mendukung efektivitas kinerja perusahaan. Manajemen risiko harus menjadi bagian dari budaya perusahaan. Kerangka kerja yang dikembangkan dalam makalah ini mengadopsi prinsip-prinsip dari bidang BPM (Manajemen Proses Bisnis) dan PPM (Manajemen Kinerja Proses) dan menggabungkannya dengan elemen-elemen dari manajemen risiko ke dalam sebuah konsep baru. Ketika penulis berpendapat bahwa manajemen risiko di lingkungan manufaktur cerdas harus menggabungkan konsep dari BPM dan PPM, mereka melanjutkan dengan asumsi berikut:

- Tata kelola proses bisnis dan pemeriksaan risiko proses sangat penting untuk manajemen risiko berdasarkan data operasional real-time di Industri 4.0

- Untuk menyelidiki kinerja, risiko dan pencapaian tujuan proses, pendekatan dari BPM, PPM dan RM harus diintegrasikan dan digabungkan.
- Risiko harus dinilai melalui struktur data dan indikator yang didefinisikan dengan jelas dalam skema perhitungan yang dirancang berdasarkan struktur tersebut.

Karena banyaknya data yang diperoleh dari proses, jenis kerusakan potensial dan kemungkinan terjadinya dapat diprediksi dengan lebih tepat. Namun, prosedur penilaian baru mungkin diperlukan untuk mengelola kompleksitas skenario. Selain itu, adaptasi kriteria penilaian (untuk kemungkinan terjadinya dan kerusakan) juga dapat dilakukan. Seperti disebutkan, setiap risiko dapat dipantau oleh KRI yang mempengaruhi KPI sehubungan dengan kinerja perusahaan. Ide ini disajikan pada Gambar 3 di bawah ini. Risiko yang teridentifikasi dicatat dalam model risiko. Model ini menunjukkan kelompok-kelompok penting dari risiko yang teridentifikasi dan membantu mengklasifikasikannya ke dalam kategori. Berbagai warna yang digunakan pada Gambar 3 (untuk mengilustrasikan proses dengan lebih baik) membagi risiko menjadi: risiko operasional (merah) dan risiko strategis (kuning). Setiap kelompok risiko juga mungkin memiliki warna yang berbeda (lihat Gambar 3) misalnya untuk kategorisasi, prioritas atau tanggung jawab. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, setiap kelompok risiko dapat dipecah menjadi risiko tersendiri.



Gambar 3. Model kelompok risiko dan hubungan antara Risiko - KRI – KPI

## KESIMPULAN

Tujuan dari makalah ini adalah untuk melakukan penelitian di bidang manajemen risiko terkait konsep Industri 4.0 dan mencoba menemukan seluruh aspek penerapan manajemen risiko yang terlibat di dalamnya. Tinjauan literatur terhadap konsep Industri 4.0 menunjukkan bahwa hubungan antara manusia, objek, dan sistem, yang membentuk jaringan penciptaan nilai lintas perusahaan yang dinamis, optimal secara real-time, dan mengatur dirinya sendiri, dapat berdampak pada semua proses industri. perusahaan. Fakta perlunya peningkatan volume dan ketersediaan data secara real time memerlukan infrastruktur baru dan adaptasi dalam penanganan informasi. Risiko-risiko baru dapat diperkirakan timbul karena adanya perubahan kondisi. Hasil analisis kami menunjukkan bahwa sebagian besar faktor risiko umum di bidang manufaktur berkaitan dengan keamanan informasi. Risiko-risiko ini terkait dengan serangan siber, seperti hilangnya integritas data, dll. Ada juga asumsi bahwa risiko mungkin lebih sering terjadi di Industri 4.0. Selain itu, isi dan jalannya proses manajemen risiko akan berubah, yang salah satunya disebabkan oleh ketersediaan data real-time. Oleh karena itu, instrumen dan

tindakan yang ada harus disesuaikan. Dalam hal kinerja, diharapkan dapat ditemukan alat yang menghubungkan Key Performance Indicator (KPI) dan Key Risk Indicator (KRI) guna meningkatkan kesesuaian dan penerapan manajemen risiko dalam kaitannya dengan pengukuran kinerja perusahaan. Menurut pendapat kami, terdapat peluang untuk menemukan kerangka kerja yang sesuai untuk permasalahan tersebut di atas sesuai dengan meningkatnya data yang berasal dari sistem ICT dari sistem manufaktur. Seharusnya lebih mudah untuk memverifikasi kerangka kerja baru berdasarkan analisis data yang lebih relevan berdasarkan dampak Industri 4.0. Ini adalah tujuan baru kami untuk penelitian di masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Hermann, T. Pentek, and B. Otto, *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*, 2015.
- [2] M. Lom, O. Pribyl, and M. Svitek, *Industry 4.0 as a part of smart cities*, in *2016 Smart Cities Symposium Prague (SCSP)*, 2016, pp. 1–6.
- [3] *2016 Global Industry 4.0 Survey. What we mean by Industry 4.0 / Survey key findings / Blueprint for digital success.*
- [4] T. Niesen, C. Houy, P. Fettke, and P. Loos, *Towards an Integrative Big Data Analysis Framework for Data-Driven Risk Management in Industry 4.0*, in *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 2016, pp. 5065–5074.
- [5] M. Schröder, M. Indorf, and W. Kersten, *Industry 4.0 and its impact on supply chain risk management*, pp. 15–18, 2014.
- [6] M. Brettel, N. Friederichsen, M. Keller, and M. Rosenberg, *How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective*, *World Acad. Sci. Eng. Technol. Int. J. Mech. Aerospace, Ind. Mechatron. Manuf. Eng.* 8(1) (2014) 37–44.
- [7] D. Lucke, C. Constantinescu, and E. Westkämper, *Smart Factory - A Step towards the Next Generation of Manufacturing*, in *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier*, London: Springer London, 2008, pp. 115–118.
- [8] A. Sanders, C. Elangeswaran, and J. Wulfsberg, *Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing*, *J. Ind. Eng. Manag.* 9(3) (2016) 23.
- [9] N. Banaitiene and A. Banaitis, *Risk Management in Construction Projects*, in *Risk Management - Current Issues and Challenges*, InTech, 2012.
- [10] S. A. Malik and B. Holt, *Factors that affect the adoption of Enterprise Risk Management (ERM)*, *OR Insight* 26(4) (2013) 253–269.
- [11] KPMG, *Enterprise Risk Management, An emerging model for building shareholder value*, 2001.
- [12] A. Weber and R. Thomas, *Key Performance Indicators: Measuring and Managing the Maintenance Function*, 2005.

- [13] The Power of Key Risk Indicators (KRIs) in Enterprise Risk Management (ERM).
- [14] S. Scandizzo, Risk Mapping and Key Risk Indicators in Operational Risk Management,” Econ. Notes 34(2) (2005) 231–256
- [15] M. Stoll, From Information Security Management to Enterprise Risk Management, vol. 313. Cham: Springer International Publishing, 2015